

Stopové prvky v medu

Barbora Vachová

Bakalářská práce
2019



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav inženýrství ochrany životního prostředí
akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Barbora Vachová**
Osobní číslo: **T160045**
Studijní program: **B2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství ochrany životního prostředí**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Stopové prvky v medu**

Zásady pro vypracování:

1. **Prostudujte dostupnou literaturu a informační zdroje vztahující se k zadanému tématu.**
2. **Provedte optimalizaci mineralizace medu.**
3. **Koncentrace kovů především platiny stanovte pomocí ICP-MS.**
4. **Naměřená a vypočtená data zpracujte a dosažené výsledky kriticky zhodnoťte.**

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

[1] MADEJCZYK, Maria a Danuta BARALKIEWICZ, 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and FAAS/AES. *Analytica Chimica Acta. ScienceDirect*, 617(12), 11-17. ISSN 00032670.

[2] SILVA, Priscila Missio da et al., 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry. ScienceDirect*, 196, 309-323. ISSN 0308-8146.

[3] BERNARD FRAY, Laurent a Martin KUSSMANN, 2010. *Mass spectrometry and nutrition research. Cambridge: Royal Society of Chemistry. ISBN 978-184-9730-365.*

[4] Vědecké zdroje zahrnuté v databázích Web of Science, ScienceDirect, SciFinder Scholar, Medline aj.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lenka Šenkárová, Ph.D.

Ústav inženýrství ochrany životního prostředí

Datum zadání bakalářské práce:

1. února 2019

Termín odevzdání bakalářské práce:

17. května 2019

Ve Zlíně dne 1. února 2019

L.S.

doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Mgr. Marek Koutný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně

.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na stopové prvkové složení medu. V teoretické části jsou definovány druhy medu, je popsáno jejich chemické a prvkové složení. Dále jsou uvedeny analytické metody určení stopových prvků v medu. V praktické části je popsáno provedení rozkladu vzorků mineralizací a měření na ICP-MS. Dosažené výsledky jsou zhodnoceny a porovnány mezi sebou.

Klíčová slova: med, stopové prvky, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem

ABSTRACT

This bachelor thesis is focused on trace elements composition in honey. In theoretical part honey types are defined as well as their chemical and elementary composition of honey. Furthermore analytical methods for determination of trace elements in honey are presented. Microwave decomposition of honey and measurement of samples using ICP-MS are described in practical part. Achieved results are evaluated and compared.

Keywords:honey, trace elements, mass spectrometry with inductively coupled plasma

Chtěla bych poděkovat své vedoucí bakalářské práce Ing. Lence Šenkárové, Ph.D. za odborné vedení, za rady a pomoc při zpracování této práce.

Dále bych chtěla poděkovat včelařům, za poskytnutí medu a za trpělivost při čekání na výsledky měření.

Největší poděkování patří mé rodině, za veškerou podporu a lásku, kterou mi projevují.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 MED	12
1.1 PŮVOD A VZNIK MEDU.....	12
1.1.1 Nektar.....	12
1.1.2 Medovice.....	13
1.2 CHEMICKÉ SLOŽENÍ MEDU.....	13
1.2.1 Voda.....	13
1.2.2 Sacharidy.....	13
1.2.3 Dusíkaté látky.....	14
1.2.4 Organické látky.....	14
1.2.5 Vitaminy, aromatické látky.....	14
1.2.6 Minerální látky.....	14
1.3 PRVKOVÉ SLOŽENÍ MEDU.....	15
1.3.1 Těžké kovy.....	15
1.3.1.1 Olovo.....	15
1.3.1.2 Kadmium.....	16
1.3.1.3 Měď.....	16
1.3.1.4 Zinek.....	16
1.3.1.5 Chrom.....	16
1.3.1.6 Mangan.....	17
1.3.1.7 Nikl.....	17
1.3.1.8 Železo.....	17
1.3.1.9 Thallium.....	17
1.3.1.10 Kobalt.....	18
1.3.1.11 Platina.....	18
1.3.2 Ostatní analyzované kovy.....	19
1.3.2.1 Hliník.....	19
2 METODY ROZKLADU VZORKU	20
2.1 SUCHÝ ROZKLAD.....	20
2.1.1 Tavení.....	20
2.1.2 Sintrace.....	20
2.2 MOKRÝ ROZKLAD.....	21
2.2.1 Rozklad kyselinou dusičnou.....	21
3 ANALYTICKÉ METODY	22
3.1 ATOMOVÁ ABSORPČNÍ SPEKTROMETRIE (AAS).....	22
3.1.1 Plamenový atomizátor.....	22
3.1.2 Elektrotermický atomizátor.....	22

3.2	ATOMOVÁ EMISNÍ SPEKTROMETRIE (AES).....	22
3.3	PLYNOVÁ CHROMATOGRFIE (GC).....	23
3.4	INFRAČERVENÁ SPEKTROSKOPIE (IR).....	23
3.5	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE.....	23
3.6	HMOTNOSTNÍ SPEKTROMETRIE S INDUKČNĚ VÁZANÝM PLAZMATEM (ICP-MS).....	23
3.6.1	Konstrukce	24
3.6.2	Interference	25
II PRAKTICKÁ ČÁST		26
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	27
4.1	POUŽITÉ POSTUPY A METODY	27
4.1.1	Charakteristika a úprava vzorků.....	27
4.1.1.1	Původ vzorků	27
4.1.1.2	Mikrovlnný rozklad vzorků	29
	Přístroj.....	29
	Příprava vzorků pro mineralizaci.....	29
	Rozklad vzorků	30
	Příprava roztoků vzorků.....	30
4.1.2	Příprava zásobního roztoku kovových prvků.....	30
4.1.3	Příprava kalibračních roztoků	31
4.1.4	Příprava ladícího roztoku	31
4.1.5	Hmotnostní spektrometr s ICP – Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS	31
5	VÝSLEDKY A DISKUZE	33
	ZÁVĚR	42
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	44
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	47
	SEZNAM OBRÁZKŮ	48
	SEZNAM TABULEK.....	49

ÚVOD

Med je, již několik tisíciletí, důležitou složkou potravy i léčivých výrobků. V současnosti je hojně využíván v potravinářství, jako ochucující složka.

Prvkové složení medu je závislé na druhu medu, květový nebo medovicový, na rostlině, ze které byl nektar či medovice odebírány, i na prostředí v okolí výskytu včelstva. Obsah těžkých kovů v medu nám může napovědět, zda se v okolí vyskytuje například průmyslová výroba nebo silnice.

Cílem této práce je stanovení dvanácti stopových prvků v desíti vzorcích medu, které byly odebrány ve městě, v prostředí zahrad a parku a z vesnice, z blízkosti lesa. Jedná se o medy květové, řepkové a lipové, z let 2015 – 2018. Jedenáctý vzorek je med ze Slovenska, kde přesná poloha vzniku ani druh medu nejsou známy. Tento vzorek mě zajímal z důvodu, že za více než jeden rok zkrystalizoval pouze minimálně, ačkoli krystalizace je pro med přirozená a je známkou jeho kvality.

Pro sledování těžkých kovů ve vzorcích byla v této práci použita metoda ICP-MS, hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 MED

Med se používá jako sladidlo potravin i lék od dávných dob. Svědčí o tom malby Aranských jeskyní u Valencie ve Španělsku, jejichž stáří se odhaduje na 16 tisíc let. Na těchto kresbách je znázorněna scéna vybírání medu divokým včelám. [1]

Za první včelaře jsou považováni Kréťané a Egypťané, med používali jako potravinu i pro přípravu mastí a jiných léčebných prostředků. V hrobkách byly nalezeny nádoby s medem vzduchotěsně uzavřené voskem. Med sloužil jako potrava zemřelým a jako obětní dar na cestu do věčnosti. [1, 2]

Definici medu stanovuje Vyhláška č. 76/2013 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony. Je to potravinu přírodního sacharidového charakteru, složená převážně z glukózy, fruktózy, organických kyselin, enzymů a pevných částic zachycených při sběru sladkých šťáv květů rostlin (nektar), výměšků hmyzu na povrchu rostlin (medovice), nebo na živých částech rostlin včelami (*Apis mellifera*), které sbírají, přetvářejí, kombinují se svými specifickými látkami, uskladňují a nechávají dehydratovat a zrát v plástech. [4]

1.1 Původ a vznik medu

Med slouží včelám jako zásobní potrava pro zimní období. Vyrábí ho tak, že sesbírají nektar, medovici a jiné sladké šťávy, obsažené v rostlinných orgánech. Následně jsou tyto šťávy obohaceny látkami z těl včel, pozměněny v trávicím ústrojí a takto vzniklá hmota je uskladněna v plástech, kde dozrává v med. [1, 9]

1.1.1 Nektar

Nektar je sekret žláznatých orgánů rostlin, tzv. nektarií, jejichž tvar a skladba jsou pro každý druh rostliny typické. Také nektar je pro každý druh rostliny typický, jak obsahem cukru, tak množstvím, které rostlina vyloučí. Sběrem nektaru včely i jiný hmyz napomáhají rostlinám v opylení. Nektarie jsou umístěny tak, aby se včely, jdoucí za nektarem dotkly prašníků a byly poprášeny pylem, následně se dotknou blizny, čímž se na ni nalepí pylová zrna. [1, 5]

Nektar, který včely přinesou je náhodně ukládán do plástů, včely jej dále zpracovávají přenášením z buňky do buňky. Opakovaným nasáváním a vyvrhováním včelami je nektar obohacován o enzymy, zahušťován a v med dozrává přirozenou cestou za 3 – 4 dny. Nektarové medy jsou především květové. [1]

1.1.2 Medovice

Medovice je druhým zdrojem medu. Na rozdíl od nektaru včela medovici získává druhotně, medovice je produktem mšic a červců, což jsou cizopasníci na zelených rostlinách. Medovici tvoří i některé houby, zejména paličkovice nachová, která tvoří medovici stejného složení jako od mšic. Medovice obsahuje kromě cukrů i aminokyseliny, organické kyseliny, vitaminy a minerální látky. Medovicové medy jsou zejména medy lesní. [1]

1.2 Chemické složení medu

Jak je uvedeno výše, chemické složení medu je určeno původem. Květové medy jsou nektarové, lesní medy jsou medovicové a také mohou být medy smíšené, které jsou směsí medovicových i nektarových medů.

Med je převážně směsí vody a cukru, obsahuje i další látky – vitaminy, barviva, organické kyseliny, dusíkaté látky, minerální látky.

1.2.1 Voda

Obsah vody v medu je jednou ze základních charakteristik jakosti medu, závisí na typu a kvalitě medu. Zralý med obsahuje 15 – 19 % vody, v normě Český med je udáváno maximálně 18 %. Vyšší obsah vody vyšší než 19 %, med ztrácí svou kvalitu a zejména v letních měsících může dojít k jeho kvašení. [1, 6]

1.2.2 Sacharidy

Vzájemný poměr glukózy (hroznový cukr) fruktózy (ovocný cukr) rozhoduje o tuhosti nebo tekutosti medu. Med květový obsahuje 70–80 % těchto cukrů, med lesní 50–65 %. Vyšší obsah ovocného cukru způsobuje pomalejší krystalizaci medu.

Kromě těchto cukrů je v medu často obsažen disacharid sacharóza, u medovicových to může být až 12 %. Obsaženy jsou i další disacharidy a trisacharidy.

Medy obsahují i dextriny, přechodné složky mezi výšemolekulárními cukry a monomolekulárními cukry. V medovicových medech jsou obsaženy až ve 12 %, v nektarových vznikají inverzí monosacharidů. Vyšší obsah dextrinů zpomaluje krystalizaci. [1, 6]

1.2.3 Dusíkaté látky

Celkové množství dusíkatých látek v medu je 0,1 – 3,2 %, pouze malá část z nich jsou bílkoviny, většinou jde o aminokyseliny. Do medu se dostávají pylem nebo ze sekretu žláz, který je přidáván do medu včelami. Z aminokyselin je převážně zastoupen prolin. [1, 2]

1.2.4 Organické látky

V medu jsou obsaženy kyseliny jablečná, vinná a citrónová. Do medu se dostávají z nektaru, ze slinné žlázy včely nebo enzymatickou činností z hroznového cukru. Přítomnost těchto kyselin dodává medu vůni a příchut'.

1.2.5 Vitaminy, aromatické látky

Vitaminy se do medu dostávají z pylu, přínosem do úlu, nebo z mateří kašičky, při zahušťování medu včelami. Chybí všechny vitaminy rozpustné v tucích, nejčastěji med obsahuje vitaminy B₁, B₂ a C. Množství vitaminů v medu je celkem zanedbatelné. [1, 5]

Podstatnou část chuti a vůně medu tvoří silice a pryskyřičnaté látky. Tyto látky se do medu dostávají nektarem a můžeme dle nich rozeznat jednotlivé druhy květového medu. V medu se vyskytují v nepatrném množství. [1, 2]

1.2.6 Minerální látky

Minerální látky jsou v medu obsaženy ve velmi malém množství ve formě solí – draselné, vápenaté, hořečnaté, sodné. Stopové prvky – železo, měď, mangan, kobalt, zinek, jód aj. mají velký význam pro zdraví člověka, v medu se vyskytují v uceleném souboru a vázané na organické látky, organismus je pak může dobře využít. Minerální látky se vyskytují ve vodných roztocích v půdě, odkud se jako výživa dostávají do rostlin a odtud do medu, díky pestřejší minerální výživě lesních dřevin je obsah minerálních látek v medovicovém medu větší. [1]

Dominantním prvkem v medu je draslík, tvoří až 80 % všech minerálních látek, vyskytuje se totiž ve vysokých koncentracích v tělech rostlin.

Med může obsahovat i stopové množství potencionálně jedovatých prvků, jako těžké kovy (As, Cd, Pb), tato kontaminace je způsobena nesprávnou konzervací, zpracováním nebo z externích zdrojů. [2]

1.3 Prvkové složení medu

V různých typech medu se nachází různé sloučeniny obsahující biogenní prvky, jak makrobiogenní tak mikrobiogenní, jako hořčík, vápník, sodík, železo a další. Obsah minerálních prvků v medu se pohybuje v rozmezí od 0,04 % po 0,2 %. Zastoupení minerálů je závislé na druhu medu, v květových medech je nižší než v medech medovicových, na druhu rostliny, ze které pochází nektar, a na prostředí, kde včely sbírají nektar či medovici. Pro prostředí je důležitým ukazatelem, například v okolí s vyšší průmyslovou nebo dopravní aktivitou je výskyt minerálních prvků vyšší. Jejich monitorování, především těžkých kovů je důležité pro lidské zdraví a životní prostředí. [21, 22, 23]

V medu je z minerálních prvků nejvíce zastoupen draslík, jeho obsah může být až 33 % z minerálních látek. Z těžkých kovů jsou sledovány hlavně olovo, rtuť, kadmium a arsen, které jsou toxické při překročení maximálních limitů. Pro tyto těžké kovy byly navrženy limity Světovou zdravotnickou organizací (WHO) a Organizací pro výživu a zemědělství (FAO). Pro olovo je stanoven limit $25 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, pro rtuť $5 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, pro kadmium $7 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a pro arsen $15 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. [24]

V této práci je z těchto těžkých kovů měřeno olovo a kadmium.

1.3.1 Těžké kovy

Těžké kovy patří mezi nejvýznamnější toxické látky, dokážou se kumulovat v životním prostředí, v živých organismech, potravinách rostlinného i živočišného původu. S mobilitou těžkých kovů souvisí jejich rozpustnost ve vodě, čím je kov rozpustnější, tím je mobilnější. Důležitá je také jejich rozpustnost v kyselinách, zejména v kyselině dusičné a sírové, které jsou často přítomné v životním prostředí. Při nadměrné kyselosti vody ve srážkách nebo v prosakující vodě se těžké kovy vymývají z půdy a můžou narušit čistotu pitné vody. Toxicita ale souvisí s dosažením určité prahové koncentrace, naopak ve stopových koncentracích mohou být pro organismus i nezbytné. Jako těžké kovy jsou označovány kovy, jejichž specifická hmotnost je větší než $5 \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ (kadmium, rtuť, olovo,...). [7]

1.3.1.1 Olovo

Patří k nejdéle známým a velmi využívaným kovům. Olovo je pátým prvkem čtrnácté skupiny periodické tabulky a jeho specifická hmotnost je $11,34 \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. V krystalické formě má

modrobílou barvu. Nebyl zjištěn žádný esenciální význam olova. Ukládá se v kostech, negativně ovlivňuje krvetvorbu. Při nedostatku vápníku se z kostí uvolňuje do krve a negativně ovlivňuje orgány a nervový systém. [7, 8]

1.3.1.2 Kadmium

Kadmium je vysoce toxický měkký kov stříbrné barvy. Kadmium je druhým prvkem dvanácté skupiny periodické tabulky prvků a jeho specifická hmotnost je $8,65 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Nahrazuje zinek v biochemických pochodech a způsobuje např. inaktivaci některých enzymů. Způsobuje vysoký krevní tlak, rakovinu plic, destrukci červených krvinek i poškození orgánů. Kadmium je využíváno při výrobě plastů, akumulátorů, barviv a dalších, protože je odolné vůči korozi. Jeho emise se dostávají do půdy a vody. [7,8]

1.3.1.3 Měď

Měď je prvním prvkem jedenácté skupiny periodické tabulky prvků. Jde o načervenalý ušlechtilý kov o specifické hmotnosti $8,96 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Na vzduchu podléhá oxidaci a tmavne. Vyznačuje se výbornou elektrickou a tepelnou vodivostí. Na nižší organismy působí jako silný jed, v lidském těle je však podstatným prvkem s významným vlivem na správnou činnost organismu. Vyskytuje se v řadě enzymatických pochodů, ovlivňuje metabolismus sacharidů v organismu, krvetvorbu, tvorbu kostí i činnost nervového systému. Nedostatek se projevuje chudokrevností a poruchami tvorby a kvality kostí. Přebytek mědi v organismu prakticky není možný, mimo akutní otravu, ke které však dochází zřídka. [7, 18]

1.3.1.4 Zinek

Zinek je prvním prvkem dvanácté skupiny periodické tabulky prvků. Je to modrobílý měkký kov o specifické hmotnosti $7,14 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Zinek patří mezi velmi významné prvky potřebné pro správnou činnost organismu, jeho obsah v organismu však není velký. Nachází se v enzymatických cyklech, např.: inzulínovém. Nedostatek se projevuje zhoršeným hojením ran, úbytek na váze a zhoršením paměti a smyslů. [7, 18]

1.3.1.5 Chrom

Chrom je prvním prvkem šesté skupiny periodické tabulky prvků. Je to tvrdý a zároveň křehký kov stříbrné barvy, který je chemicky odolný a málo reaktivní. Jeho specifická hmotnost je $7,15 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Jaké má chrom biologické účinky, je závislé na mocenství. Šestimocný chrom je považován za karcinogen, naopak trojmocný chrom je nezbytnou součástí potravy.

Chrom v organismu ovlivňuje metabolismus cukrů a tuků a pomáhá stabilizovat hladinu krevního tuku. [7, 18]

1.3.1.6 Mangan

Mangan je první kov sedmé skupiny periodické tabulky prvků. Je to šedý kov, tvrdý a křehký o specifické hmotnosti $7,21 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Za normálních teplot je mangan málo reaktivní, reaktivita roste s teplotou. Malé množství manganu v organismu a v potravě je důležité pro správnou funkci organismu. Nedostatek způsobuje poruchy cévního systému a také vede k cukrovce. Nadbytek manganu v organismu negativně působí především na nervovou soustavu. [7, 18]

1.3.1.7 Nikl

Nikl je prvním prvkem desáté skupiny periodické tabulky prvků. Je to stříbrný silně lesklý kov o specifické hmotnosti $8,90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Za normálních teplot je chemicky stálý. Jeho účinky na organismus jsou jednoznačně negativní. Nikl je karcinogenní a teratogenní. Poměrně častá je i citlivost či alergie na nikl, které se projevují začervenaním pokožky na místě styku s niklem. [7, 18]

1.3.1.8 Železo

Železo je první prvek osmé skupiny periodické tabulky prvků. Je to světle šedý až bílý kov o specifické hmotnosti $7,87 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, je měkké a málo odolné vůči korozi. Elementární nestálé a velmi reaktivní. V organismu patří mezi mikrobiogenní prvky, je obsaženo v hemoglobinu, myoglobinu, enzimech. Nedostatek způsobuje anémii (chudokrevnost). [7, 18]

1.3.1.9 Thallium

Thallium je pátým prvkem třinácté skupiny periodické tabulky prvků. Je to bílý, lesklý kov, který je měkký a značně toxický. Jeho specifická hmotnost je $11,85 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Thallium se vyskytuje zřídka, je příměsí sulfidických rud mědi, olova a zinku. Ve zvýšené koncentraci se také vyskytují v jílových minerálech a žule. Většina produkce thallia se spotřebuje v elektronice, často se také používalo jako účinná látka v insekticidech, rodenticidech, a stále se používá v impregnacích na dřevo a na moření obilí. Thallium je mimořádně toxickým prvkem, jeho soli jsou prudké jedy. Otrava nastává po dávkách $0,1 - 0,5 \text{ g}$. Soli jsou také po-

tencionálně karcinogenní. Otrava se projevuje neuropatií, vypadáváním ochlupení, poškozením trávicí soustavy, jako je zvracení krve, bolesti břicha, zácpa. Účinným protijedem je berlínská modř podávaná orálně. [7, 18]

1.3.1.10 Kobalt

Kobalt je prvním prvkem deváté skupiny periodické soustavy prvků. Je to namodralý tvrdý kov, jehož specifická hmotnost je $8,90 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. V přírodě se vyskytuje málo a to především jako doprovodný prvek niklových rud a sulfidických rud mědi a olova. Kobalt je využíván zřídka, pouze pokud se nedá nahradit dostupnějším kovem. Značná část se spotřebuje na výrobu lithium-iontových akumulátorů (Li-Ion) s jejich narůstající výrobou roste i spotřeba kobaltu v tomto průmyslovém odvětví. Dále se využívá jako složka některých ocelí, které musí mít vynikající mechanické vlastnosti, v galvanickém pokovování a pro barvení skla a keramiky na modro. V medicíně se používá na ozařování nádorů, je zdrojem gama-paprsků. Stopové množství kobaltu je zdraví prospěšné pro organismus. Je součástí vitamínu B 12. Otrava kobaltem nastává pouze v případě vystavení vysokému množství v kombinaci s dlouhodobou expozicí. Způsobuje kožní vyrážky při styku s kůží, dýchací problémy při vdechování prachu a příjem potravou může způsobit nevolnosti a problémy se štítnou žlázou. [7, 18]

1.3.1.11 Platina

Platina je velmi těžký kov, specifická hmotnost je $21,45 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. Jde o chemicky velmi odolný kov stříbřitě bílé barvy. Využívá se do slitin, na výrobu optických vláken, v chemických syntézách jako katalyzátor i v autokatalyzátorech, kde slouží k vyčištění výfukových plynů od nežádoucích látek. Ve farmacii se používá jako léčivá látka cytostatik. Během posledních let narůstají koncentrace platiny ve všech složkách životního prostředí. Platina a její rozpustné sloučeniny způsobují přecitlivělost organismu, jsou toxické, karcinogenní a mutagenní. Při hodnocení rizika platinových kovů bývá používána tzv. bezpečná koncentrace v pracovním prostředí, pocházející ze studie Merget a Rosner, 2001, která má hodnotu $15 - 150 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$. [18, 27, 28]

1.3.2 Ostatní analyzované kovy

1.3.2.1 Hliník

Hliník je druhým prvkem 13. skupiny periodické tabulky prvků. Jde o lehký kov bělavě šedé barvy o specifické hmotnosti $2,7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$. V neutrálním prostředí je stálý a nerozpustný, rozpustnost narůstá se zvyšující se kyselostí prostředí. Je velmi dobrým vodičem elektrického proudu. Hliník se prakticky nevyskytuje v žádné živé tkáni, ani živočišné ani rostlinné. Zvýšený výskyt hliníku v krvi pravděpodobně způsobuje Alzheimerovu chorobu tím, že ničí nervové a mozkové buňky.[18]

2 METODY ROZKLADU VZORKU

Rozklad vzorku je významnou součástí analytických operací souhrnně označovaných jako příprava vzorků k měření („sample preparation“). Je to nejpracnější a časově nejnáročnější část analýzy materiálů a všeobecně může přinést nejvíce chyb. Jde o chemický proces, kdy v důsledku chemické reakce dojde k úplné destrukci původní sloučeniny, tudíž není možné získat odstraněním rozpouštědla původní sloučeninu. Používá se při stanovení prvků v materiálech destruktivními metodami. Mnoho používaných analytických měřicích technik vyžaduje vzorky připravené v tekuté formě, dle typu měřicí techniky např.: i bez organické osnovy. Taková úprava vzorku je důležitá z fyzikálních a chemických hledisek. Z fyzikálních hledisek je to dosažení vhodnější konzistence, snížení viskozity a zvýšení homogenity, z chemických hledisek pak vyvázání analytu z různých vazeb a forem a odstranění interferencí některých složek. [11,12,13]

Mikrovlnný rozklad vzorku byl poprvé použit v roce 1975 Abu-Samrou a jeho spolupracovníky a velmi rychle se rozšířil v důsledku významného zkrácení potřebného času na rozklad vzorku, snížení množství rozkladných činidel, čistější práce a minimální kontaminace vzorku. Mikrovlnný rozklad vzorku je velmi efektivní, protože dochází k vysokému generování tepla přímo ve vzorku přeměnou energie mikrovlnného záření na teplo a materiál rozkladných nádob působí jako izolant. [11,12]

Rozklady anorganických látek lze jednoduše rozdělit na suché rozklady (2.1) a mokré rozklady (2.2).[11]

2.1 Suchý rozklad

Mezi suché rozklady anorganických látek patří tavení a sintrování.

2.1.1 Tavení

Tavení je rozkladný proces, kdy se práškový vzorek smíchá s tavícím činidlem, zahřeje se na teplotu tavení použitého tavidla a při této teplotě se vzorek udržuje do úplného přetavení vzorku. Po vychladnutí se vzorek rozpustí ve vodě nebo okyseleném vodném roztoku. Tavením se úplně rozloží původní složení vzorku. [11]

2.1.2 Sintrace

Sintrace (slinování) je rozkladný proces, kdy se, podobně jako u tavení, vzorek smíchá s tavícím činidlem a zahřívá se. Na rozdíl od tavení se používá menší množství činidla a zahřívá

se na nižší teplotu, celý proces probíhá v tuhé fázi. Výsledkem je „koláč“, ze kterého se při rozpouštění ve vodě rozpustí jen část. Při sintraci dochází ke konverzi látek z v kyselinách nerozložitelných na rozložitelné.[11]

2.2 Mokrý rozklad

Mokrý rozklad probíhá za přítomnosti minerálních kyselin, při zvýšené teplotě a atmosférickém tlaku. Struktura matrice je narušena kyselou hydrolyzou a produkty jsou následně oxidovány příslušnými činidly. Rozklad probíhá za nižších teplot než u rozkladu suchého, maximální teplota je dána teplotou varu oxidačních činidel. Rychlost rozkladu závisí na teplotě a případně na přidaném katalyzátoru.[13]

Jako oxidační činidlo se nejčastěji používá kyselina dusičná buď samotná, nebo v reakčních směsích s peroxidem vodíku, kyselinou sírovou a kyselinou chloristou. Pro rozklad rostlinných materiálů se do směsi přidává kyselina fluorovodíková. [11,13]

Mokrý rozklad probíhá buď v otevřeném systému s konvenčním nebo mikrovlnným ohřevem nebo uzavřeném systému s konvenčním nebo mikrovlnným ohřevem. Mokrý rozklad v otevřeném systému probíhá v klasických laboratorních nádobkách (kádinky, Erlenmeyerovy baňky,...), konvenčním ohřevem jsou označovány elektricky ohříváné zdroje tepla. Ohřev reakční směsi je zajištěn konvekcí nebo radiací. Tento způsob je časově i energeticky náročný. Reakční nádoby pod zpětným chladičem šetří spotřebu reakčních činidel. Mikrovlnný systém při otevřeném rozkladu umožňuje každé nádobce určit konkrétní podmínky. Mokrý rozklad v uzavřeném systému je výhodnější, zabraňuje kontaminaci, snižuje spotřebu reakčních činidel a zabraňuje ztrátám těkavých prvků. Důležitým kritériem úplný rozklad vzorku je úplnost oxidačního procesu.[13]

2.2.1 Rozklad kyselinou dusičnou

Kyselina dusičná je silná kyselina se silnými oxidačními vlastnostmi a slabými komplexotvornými vlastnostmi. Kovy a jejich sloučeniny se v kyselině dusičné dobře rozkládají na ve vodě dobře rozpustné dusičnany. Výjimku tvoří zlato a platinové kovy. Pro stopovou analýzu je vhodné použít ultračistou kyselinu dusičnou. Takto čistou kyselinu lze připravit tzv. podvarovou destilací („sub boiling distillation“), což je destilace v křemenných nádobách za sníženého tlaku. Čistá kyselina dusičná se při rozkladech používá jen zřídka, nejčastěji se používá ve směsi s jinými kyselinami nebo peroxidem vodíku.[11]

3 ANALYTICKÉ METODY

Ke stanovení obsahů prvků ve zkoumaném vzorku slouží analytické metody. Vysoká citlivost, rychlost, vysoká selektivita a snížení subjektivních faktorů jsou základní charakteristiky moderních analytických metod. [14]

3.1 Atomová absorpční spektrometrie (AAS)

Atomová absorpční spektrometrie slouží k elementární kvantitativní analýze kovových prvků nízkých koncentrací. Podstatou je absorpce elektromagnetického záření volnými atomy v plynném stavu.[14]

Atomový adsorpční spektrometr se skládá ze zdroje primárního záření, atomizátoru s adsorpčním prostředím, monochromátoru k oddělení atomizovaného záření a detektoru. Zdroje primárního záření jsou převážně zdroje čárové (výbojky). Atomizátor je systém, kdy se prvek přeměňuje na atomovou páru, což jsou volné atomy v základním, excitovaném i ionizovaném stavu. Pro zjednodušení atomizace se vzorek předem převádí do kapalného roztoku, vlastní atomizace do plynné fáze se provádí zaváděním kapalného vzorku do plamene. Bezplamenová atomizace se provádí, když plamenová atomizace nedosahuje požadovaných detekčních mezí.[15]

3.1.1 Plamenový atomizátor

Chemické plameny jsou běžně používány pro atomizaci kapalných vzorků. Pomocí hořáku je stabilizován proces hoření, tvar a poloha plamene. Do hořáku se přivádí palivo (acetylen, propan-butan, vodík) a okysličovadlo (vzduch, kyslík, oxid dusný) v plynném stavu. Používají se laminární plameny, kde jsou předem promíchaná směs paliva s okysličovadlem.[15]

3.1.2 Elektrotermický atomizátor

Elektrotermické atomizátory jsou zařízení elektrickým proudem vyhřívaná na teplotu potřebnou pro atomizaci analytu. Pro zabránění oxidace materiálu vzdušným kyslíkem, je atomizátor odstíněn od atmosféry ochranným plynem (Ar, N₂, Ar + H₂). [15]

3.2 Atomová emisní spektrometrie (AES)

Atomová emisní spektrometrie je vhodná k analýze stopových prvků v povrchových a odpadních vodách a pro analýzy biologické a chemické. Metoda je založena na sledování emise elektromagnetického záření volnými atomy látek v plynném stavu [14]

3.3 Plynová chromatografie (GC)

Pro plynovou chromatografii je specifická rychlá a účinná separace směsí a práce s malým množstvím vzorku za použití jednoduché aparatury. Je používána k určení stopových prvků v půdě, vodách a potravinách, při sledování kvality ovzduší a v lékařských a biochemických oborech. Použitelná je pro plynné látky a látky těkavé a těkavé po derivatizaci.[15,16]

3.4 Infračervená spektroskopie (IR)

Infračervená spektroskopie je významnou metodou identifikace organických látek, určování jejich struktury a kvantitativního složení směsi různých látek. Hodí se pro analýzu plynů, par, kapalin, suspenzí a roztoků pevných látek. Podstatou je měření rozptýleného záření vznikajícího interakcí fotonů monochromatického záření s molekulami měřené látky. Absorpci záření v IR oblasti vykazují látky, které v molekule obsahují alespoň dva druhy atomů, nevykazují ji elementární plyny (halogeny, kyslík, dusík,...). IR spektroskopii lze tedy použít pro stanovení nejrůznějších látek, ale při analýze složitých směsí je měření nepřesné. [10]

3.5 Hmotnostní spektrometrie

Hmotnostní spektrometrie je fyzikálně-chemická metoda určování hmotnosti atomů, molekul a jejich částí po jejich převedení na ionty. Analyzovaná sloučenina je převedena do plynného stavu, molekuly plynu jsou pak ionizovány a ionty jsou následně rozděleny podle poměru hmotnosti k počtu elementárních nábojů iontu. [17, 19]

Každý hmotnostní spektrometr se skládá ze vstupu vzorku, iontového zdroje, analyzátoru hmotnosti, detektoru a vyhodnocovacího zařízení. [19]

Hmotnostní spektrometrie je často využívána ke kvantitativní i kvalitativní chemické analýze, poskytuje mnoho informací o vzorku a jeho složení. Jde o rychlou, všestrannou a citlivou analytickou metodu. [14, 26]

3.6 Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS)

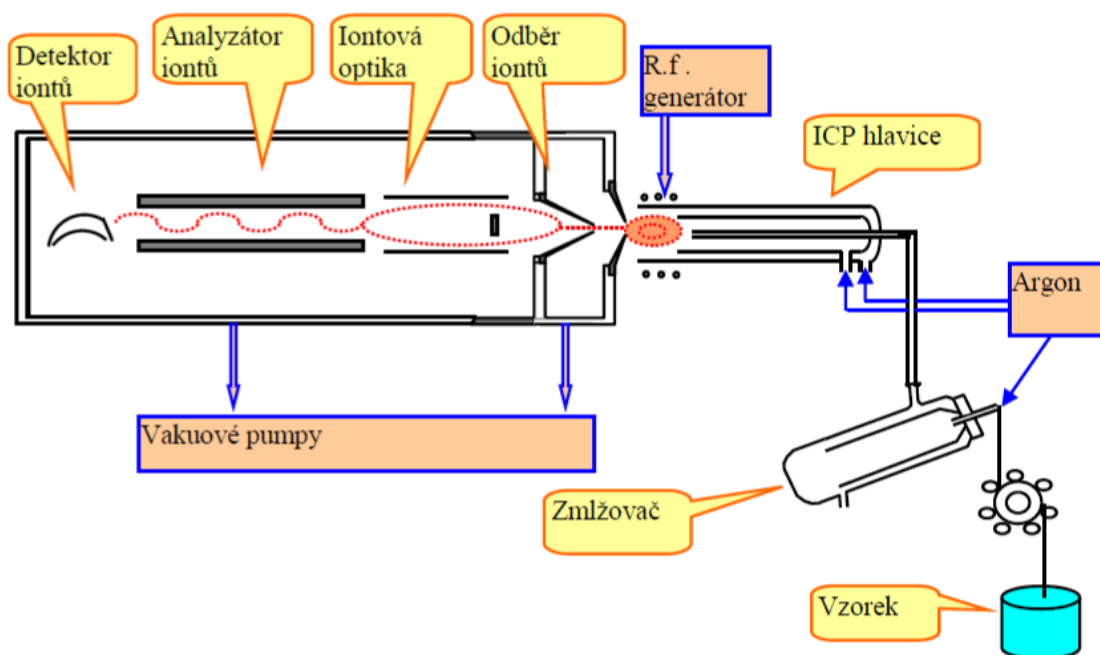
Indukčně vázané plazma (ICP) je zdroj iontů pracující za atmosférického tlaku. Původně bylo vyvinuto pro atomovou emisi, ale ve spojení s MS je také úspěšně využíváno. Je vhodná jak vzorky v pevné, kapalné i roztokové fázi. Přednostmi spojení ICP – MS jsou především

nízké limity detekce pro téměř všechny prvky periodické tabulky, hmotnostní spektra prvků jsou jednoduchá a jednoznačná, proto jsou využívána k rychlé kvantitativní analýze. Je využívána ve všech oblastech prvkové analýzy. [20, 26]

3.6.1 Konstrukce

Konstrukce ICP – MS se skládá ze zamlžovače vzorků, ICP hlavice, odběr iontů z plazmatu, iontový filtr a iontový detektor (obr.1). V zamlžovači vzniká aerosol z kapalného vzorku a pracovního plynu. Vznik aerosolu je řízen kinetickou energií pracovního plynu (argonu), který proudí podstatně rychleji než vzorek. Ideální aerosol by měl obsahovat částice menší než 10 μm a s malou distribucí velikosti částic. K přípravě takového aerosolu jsou využívány tzv. mlžné komory. V plazmatu o teplotě 6 000 – 10 000 K je aerosol rozložen a takto vzniklé atomy analytu jsou ionizovány. Tyto ionty se odebírají z plazmatu a jsou přeneseny do hmotnostního spektrometru. Všechny části přístroje jsou zbaveny vzduchu, kvůli snadnému pohybu iontů. [20, 25, 26]

Ionty prošlé přes kvadrupól dopadají na detektor. Detektory pracují na principu fotonásobiče v optické spektrometrii. Kation dopadající na citlivou vrstvu vypudí elektrony, jejich počet je pak znásoben elektronovým násobičem, výsledkem je pulz, který je zachycen a digitalizován. [20, 26]



Obr. 1: Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem^[20]

3.6.2 Interference

Výsledkem procesu je hmotnostní spektrum, které je jednodušší než atomové spektrum, ale také může být ovlivněno interferencí. Interference dělíme na dva typy, interferenci spektrální a nespektrální. [25]

Interference spektrální jsou dány překryvem izobarických iontů ve spektru. Částice se vyskytují v argonovém plazmatu, spektrální interference vzniká, jestliže mají izotopy jiných prvků stejnou hmotnost. Interference mohou být eliminovány volbou jiného vhodného izotopu, který vykazuje minimální interference nebo žádné. Roztok HNO_3 (1 – 5 %) pomáhá předejít nežádoucím interferencím, podílí se na stabilitě iontů.[20, 25]

Interference nespektrální jsou způsobeny matričními prvky, které potlačují signál ovlivněním energetických poměrů a tím ionizační rovnováhy v plazmatu. Více je potlačen signál izotopově lehkého prvku v těžké matici než izotopově lehkého prvku v lehké matici. Tyto interferující vlivy se potlačují několika způsoby, měřením metodou standardního přídatku (externí standard), pomocí interního standardu a metodou izotopového měření. [25]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V praktické části bakalářské práce byly dodržovány zásady práce v laboratoři při stopové analýze. Veškeré nádoby a pomůcky byly myty a louhovány v 10 % roztoku kyseliny dusičné a redestilované vody, následně byly vysušeny v sušárně a uchovány v PE sáčkách, aby bylo zabráněno znečištění.

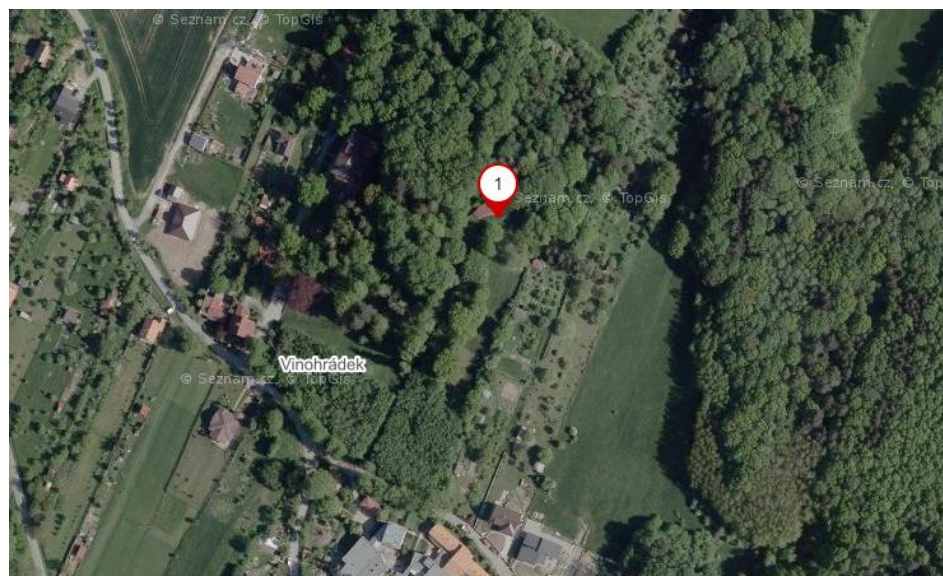
Při stopové analýze se pracuje s chemikáliemi, které jsou pro stopovou analýzu určeny. Tyto chemikálie odpovídají požadované čistotě. V této práci bylo pracováno s 65 – 69 % kyselinou dusičnou, min. 30% peroxidem vodíku a zelenou řasou METRANAL, vše určené pro stopovou analýzu, od společnosti Analytika, spol. s.r.o., Praha. Po celou dobu bylo také pracováno s redestilovanou vodou, která je zbavena organického znečištění a iontů, které by mohly stopovou analýzu ovlivnit.

4.1 Použité postupy a metody

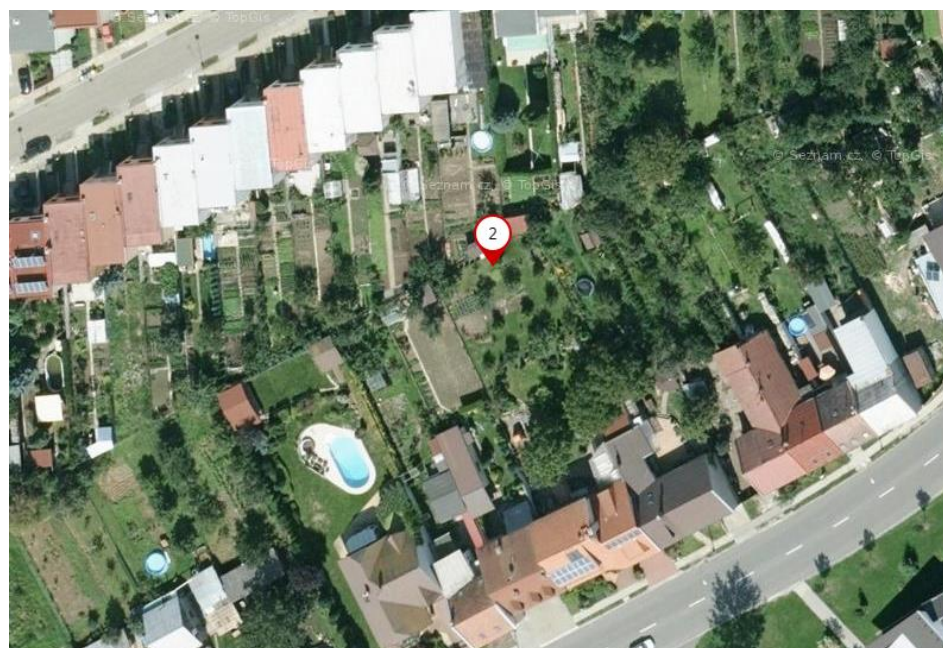
4.1.1 Charakteristika a úprava vzorků

4.1.1.1 Původ vzorků

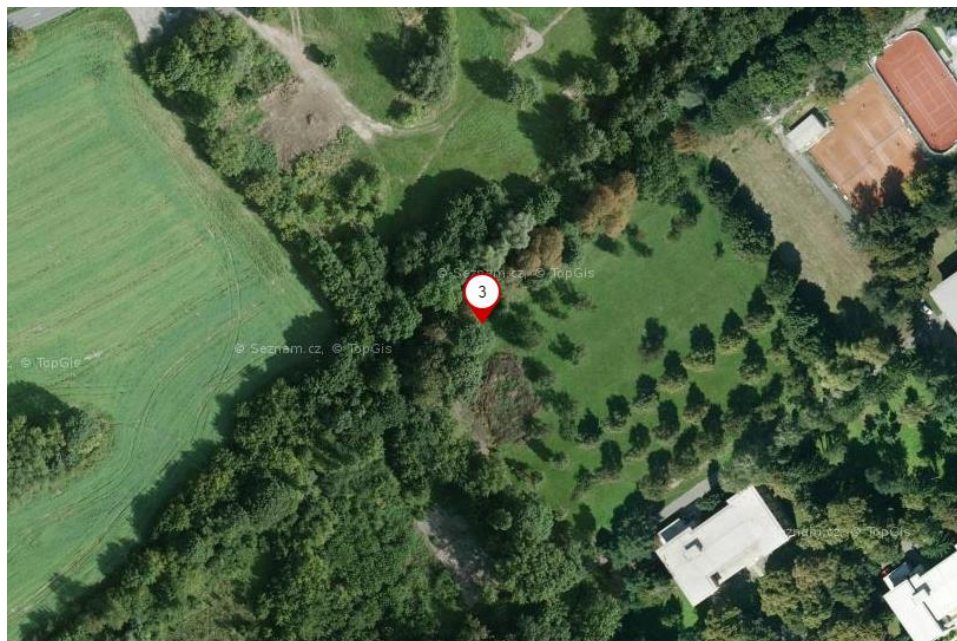
V bakalářské práci bylo sledováno 5 vzorků medu z roku 2018 a to konkrétně ze zahrady rodinného domu na ulici Lutopecká v Kroměříži (49.2994142N, 17.3758831E), z parku v areálu Psychiatrické nemocnice v Kroměříži (49.2959986N, 17.3737675E) a z oblasti lesů a luk v obci Chvalčov (49.3889861N, 17.6882611E). Dále bylo sledováno 6 medů z let 2015-2017 z areálu Psychiatrické nemocnice v Kroměříži. Místa odběru jsou znázorněna na obrázcích č.



Obr. 2: Odběr z obce Chvalčov



Obr. 3: Odběr z ul. Lutopecká v Kroměříži



Obr. 4: Odběr z Psychiatrické nemocnice v Kroměříži

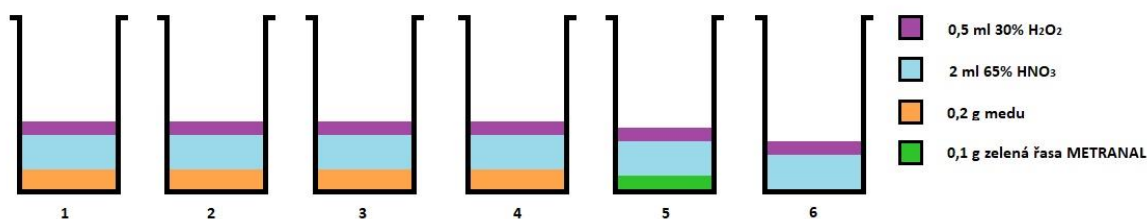
4.1.1.2 Mikrovlnný rozklad vzorků

Přístroj

Pro rozklady vzorků byl použit mikrovlnný laboratorní systém MLS 1200 mega, který slouží k analytickým rozkladům za zvýšené teploty a tlaku. Rozklad probíhá v šesti teflonových vysokotlakých mineralizačních kelímcích. Rozkladná směs v kelímku absorbuje mikrovlnné záření, čímž dosáhne teploty varu a zvýšení tlaku v kelímcích, což vede k maximálnímu urychlení mineralizace. Pro dosažení konstantního ohřevu jsou kelímky umístěny v rotoru, pohybujícím se konstantní rychlostí.

Příprava vzorků pro mineralizaci

Do mineralizačních kelímků 1 – 4 byl navážen stejný vzorek medu o hmotnosti 0,2 g, a přidána rozkladná směs – 2 ml kyseliny dusičné a 0,5 ml peroxidu vodíku. Do kelímku 5 byl navážen referenční materiál – zelená řasa METRANAL a přidána rozkladná směs – 2 ml kyseliny dusičné a 0,5 ml peroxidu vodíku. Kelímek 6 je slepý pokus obsahující pouze rozkladnou směs – 2 ml kyseliny dusičné a 0,5 ml peroxidu vodíku. Připravené vzorky byly rozloženy v mikrovlnném laboratorním systému.



Obr. 5: Obsah mineralizačních kelímků

Rozklad vzorků

Mineralizace probíhala podle předem navoleného vícekrokového programu.

Tab. č. 1: Rozkladný program

Krok	Čas (min)	Výkon (W)
1	2	250
2	2	0
3	5	400
4	2	0
5	2	500
6	2	0
7	6	600

Příprava roztoků vzorků

Po vychladnutí kelímků na laboratorní teplotu byl mineralizát kvantitativně převeden do 25 ml odměrných baněk a doplněn po rysku deionizovanou vodou.

Následně byl proveden čistící krok. Do deionizovanou vodou promytých kelímků bylo napietováno po 3 ml 65% kyseliny dusičné a byl opět proveden proces mineralizace.

4.1.2 Příprava zásobního roztoku kovových prvků

Zásobní roztok kovových prvků byl připraven do 250 ml odměrné baňky. Koncentrace jednotlivých prvků v roztoku byla $10 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$. Do zásobního roztoku byly přidány 2 ml kyseliny dusičné pro okyselení. K přípravě zásobního roztoku byly použity standardní roztoky jednotlivých kovů o koncentraci $1,000 \pm 0,002 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ v matrici 2 % HNO_3 . Přehled použitých kovů je v tabulce 2.

Tab. č. 2: Přehled měřených kovových prvků

Prvek	Měřený izotop	Prvek	Měřený izotop
Hliník	²⁷ Al	Měď	⁶³ Cu
Chrom	⁵² Cr	Zinek	⁶⁶ Zn
Mangan	⁵⁵ Mn	Kadmium	¹¹¹ Cd
Železo	⁵⁷ Fe	Thallium	²⁰⁵ Tl
Kobalt	⁵⁹ Co	Olovo	²⁰⁸ Pb
Nikl	⁶⁰ Ni	Platina	¹⁹⁵ Pt

Takto připravený zásobní roztok byl použit k přípravě kalibračních roztoků.

4.1.3 Příprava kalibračních roztoků

Postupným ředěním byly do 50 ml odměrných baněk připraveny kalibrační roztoky o koncentracích 1 mg.l⁻¹, 10 µg.l⁻¹ a 1 µg.l⁻¹.

4.1.4 Příprava ladícího roztoku

Na přípravu ladícího roztoku byl použit kalibrační roztok obsahující prvky Bi, In, Sc, Tb, Y v 5 % HNO₃ o koncentraci 10 mg.l⁻¹. Ladící roztok byl připraven do 50 ml odměrné baňky a výsledná koncentrace byla 10 µg.l⁻¹.

4.1.5 Hmotnostní spektrometr s ICP – Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS

Na analýzu kovů byl použit spektrometr Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS, který je vybaven patentovanou technologií QCell (Collision cell technology – CCT), která jako kolizní plyn využívá hélium. Tento plyn indukuje reakční mechanismus rozpadu molekulárních asociátů, proto technologie QCell vyniká krátkou dobou analýzy a snížením možných interferencí. Přístroj je připojen k počítači USB kabelem a ovládání je řízeno softwarem Qtegra.

Před samotnou analýzou byla provedena optimalizace podmínek měření na ICP – MS, která byla provedena automaticky pomocí programů Autotune a Performance Test. Správná optimalizace umožňuje nejvyšší možnou odezvu signálu pro jednotlivé analyzované prvky, zajistí správné podmínky měření a také nejnižší možné detekce. Příslušné detekční limity přístroje jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab. č. 3 Parametry Thermo Scientific iCAP Q ICP – MS

	iCAP Qa	iCAP Qc	iCAP Qs
STD režim			
Citlivost [kcps.ppb⁻¹]			
⁷ Li ^b	40	50	80
⁵⁹ Co ^b	60	100	200
¹¹⁵ In	150	220	400
²³⁸ U ^b	200	300	500
Detekční limity [ppb]			
⁹ Be	< 0,5	< 0,5	< 0,5
¹¹⁵ In	< 0,1	< 0,1	< 0,1
²⁰⁹ Pb	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Oxidy [%]			
CeO/Ce ^b	< 2	< 2	< 2
Dvojnabité částice [%]			
Ba ⁺⁺ /Ba ^{+b}	< 3	< 3	< 3
Pozadí [cps]			
m/z 4,5 ^b	< 1	< 1	< 1
Stabilita [% RSD]			
Krátkodobá ^b	< 2 (10 min)	< 2 (10 min)	< 2 (10 min)
Dlouhodobá	< 3 (2 h)	< 3 (2 h)	< 3 (2 h)
Izotopový poměr			
¹⁰⁷ Ag/ ¹⁰⁹ Ag	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Specifikace			
	iCAP Qa	iCAP Qc	iCAP Qs
He Cell režim			
Citlivost [kcps.ppb⁻¹]			
Co ^b		30	50
Pozadí [cps]			
m/z 4,5 ^b		< 0,1	< 0,1

5 VÝSLEDKY A DISKUZE

Můžeme předpokládat, že na koncentrace jednotlivých izotopů má vliv geologické složení půdy, ochrana rostlin pesticidy a okolní prostředí. Kontaminace při samotné výrobě medu je minimální, je možná pouze při jeho stáčení a lahvování. Kontaminace pesticidy je neovlivnitelná, včely si samy vybírají, kde nektar či medovici sbírají.

U jednotlivých vzorků medu byla provedena analýza pomocí ICP-MS. Pro analýzu bylo použito jedenáct vzorků medu, jejich označení a specifikace jsou uvedeny v tabulce 3. Pro větší přehlednost v následujících grafech byly seřazeny nejprve podle druhu, poté podle ročníku a nakonec podle místa vzniku.

Tab. č. 4: Označení vzorků

Označení	Druh	Rok	Místo vzniku
B - K18	Kvěťový	2018	Lutopecká, Kroměříž
C - K18	Kvěťový	2018	Chvalčov
A - K17	Kvěťový	2017	PNKM
A - K16	Kvěťový	2016	PNKM
A - K15	Kvěťový	2015	PNKM
C - L18	Lipový	2018	Chvalčov
A - L16	Lipový	2016	PNKM
A - L15	Lipový	2015	PNKM
A - Ř18	Řepkový	2018	PNKM
A - Ř17	Řepkový	2015	PNKM
SLOVENSKÝ18	Neznámý	2018	Neznámé

Výsledné koncentrace byly naměřeny v jednotkách ppb a byly přepočítány na navážku medu. Uvedeny jsou v jednotkách $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$. Tyto výsledky i se směrodatnými odchylkami jsou uvedeny v následujících tabulkách 4 a 5.

Tab. č. 5: Naměřené koncentrace kovových izotopů ve vzorcích medu

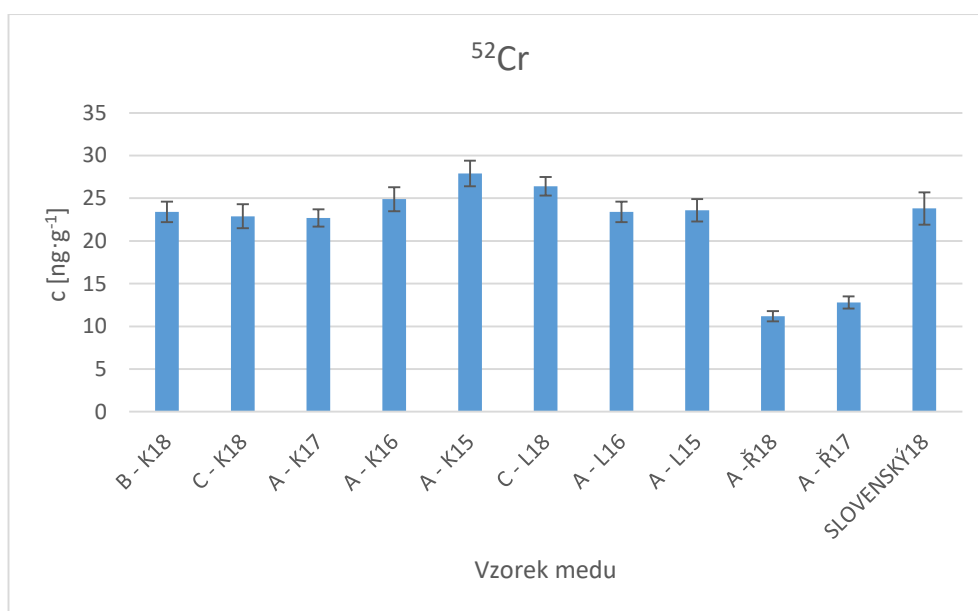
Vzorek medu	c [ng·g ⁻¹]					
	²⁷ Al	⁵² Cr	⁵⁵ Mn	⁵⁷ Fe	⁵⁹ Co	⁶⁰ Ni
B - K18	ND	23,4±1,2	788±11	548±10	18,10±0,9	63,1±1,9
C - K18	ND	22,9±1,4	784±13	553±8	17,50±1,1	62,9±1,5
A - K17	ND	22,7±1,0	732±9	599±8	15,50±0,3	62,9±1,1
A - K16	ND	24,9±1,4	798±18	556±8	17,12±1,1	63,1±1,0
A - K15	ND	27,9±1,5	763±12	553±7	15,88±1,3	68,1±1,5
C - L18	ND	26,4±1,1	767±10	511±10	18,15±0,8	68,8±1,3
A - L16	ND	23,4±1,2	745±11	578±13	16,45±0,6	68,2±1,2
A - L15	ND	23,6±1,3	712±5	592±13	19,11±0,4	60,1±0,9
A - Ř18	ND	11,2±0,6	363±12	433±7	5,91±0,2	13,2±0,8
A - Ř17	ND	12,8±0,7	372±11	423±9	6,22±0,3	13,8±0,7
SLOVENSKÝ18	ND	23,8±1,9	758±7	546±11	16,19±0,9	63,5±1,1

Tab. č. 6: Naměřené koncentrace kovových izotopů ve vzorcích medu

vzorek medu	c [ng·g ⁻¹]					
	⁶³ Cu	⁶⁶ Zn	¹¹¹ Cd	²⁰⁵ Tl	²⁰⁸ Pb	¹⁹⁵ Pt
B - K18	158±7,8	288±7,9	2,520±0,18	1,460±0,1	ND	ND
C - K18	162±8,1	285±8,5	2,548±0,12	1,481±0,3	ND	ND
A - K17	153±5,5	276±6,5	2,635±0,11	1,399±0,3	ND	ND
A - K16	168±6,3	243±5,9	2,578±0,14	1,451±0,3	ND	0,213±0,03
A - K15	161±6,1	281±8,7	2,518±0,16	1,431±0,3	ND	ND
C - L18	148±6,2	265±5,4	2,438±0,09	1,478±0,1	ND	ND
A - L16	147,8±3,5	292±5,3	2,428±0,12	1,427±0,1	ND	ND
A - L15	159±3,6	223±7,4	2,534±0,17	1,429±0,1	ND	ND
A - Ř18	59,8±3,2	247±3,8	0,591±0,02	2,840±0,2	ND	ND
A - Ř17	61,9±2,8	251±3,7	0,583±0,01	2,756±0,2	ND	ND
SLOVENSKÝ18	133±3,6	283±5,9	2,645±0,15	1,423±0,2	ND	0,211±0,01

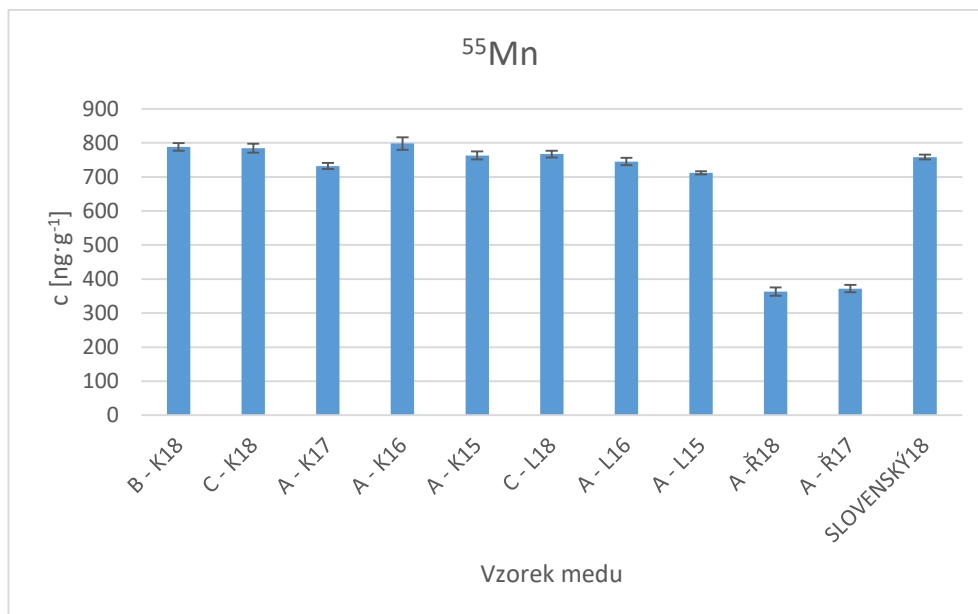
V žádném měřeném vzorku nebyl detekován hliník. Vzorky ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, byl obsah hliníku ve vzorcích medovicového medu v rozmezí 11 000 – 22 000 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, obsah hliníku v květových, konkrétně řepkových medech byl do 11 000 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$ nebo hliník vůbec nebyl detekován. O mých vzorcích tedy můžeme říct, že se jedná o medy květové, ne smíšené s medovicí, i když některé vzorky pochází z blízkosti lesa.

Ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, byl změřen obsah chromu v koncentracích 5 – 93 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, nebyly odlišnosti mezi květovými a medovicovými medy, výrazně se lišily i vzájemně. V mých vzorcích se však lišily oba řepkové medy od ostatních, koncentrace chromu byla o polovinu nižší. Nejvyšší koncentraci chromu měl květový med z roku 2015, 27,9 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$.



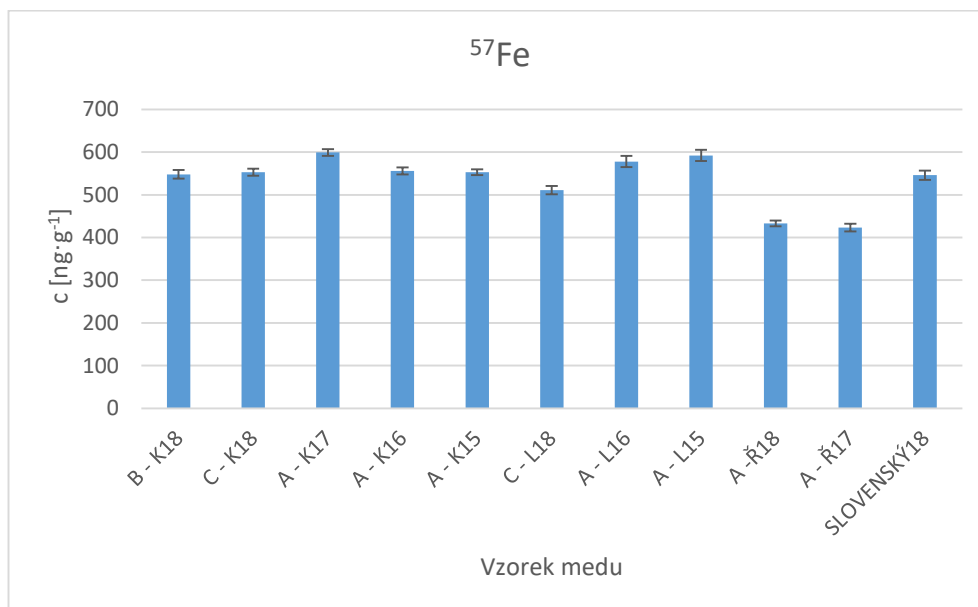
Obr. 6: Naměřené koncentrace izotopu chromu ve vzorcích medu

Koncentrace manganu se, dle studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, také výrazně liší mezi květovými a medovicovými medy. Koncentrace manganu u medovicových medů je v rozmezí 1770 – 7370 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, koncentrace u květových medů je 170 – 900 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Opět se tedy potvrzuje, že mé vzorky jsou květové. Je také zřejmé, že řepkový med akumuluje méně manganu oproti ostatním druhům.



Obr. 7: Naměřené koncentrace izotopu manganu ve vzorcích medu

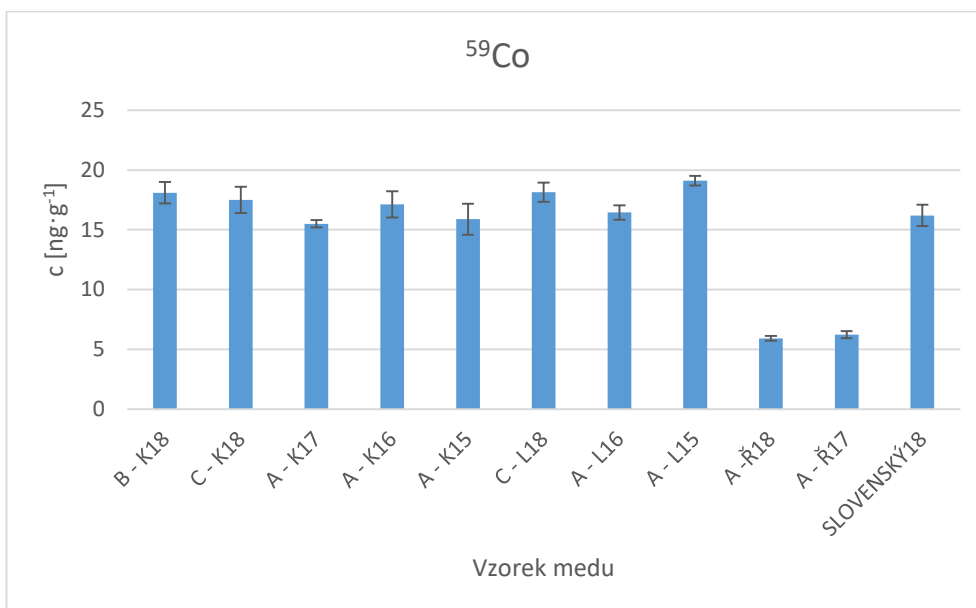
Koncentrace železa, jsou, dle studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, různé. Neliší se mezi sebou medy květové a medovicové, železo ani nemusí být detekováno. Co se týče mých vzorků, je obsah železa docela vyrovnaný, v koncentracích mezi 500 až 600 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$, mimo řepkové medy, které obsahovaly železo v koncentracích 423 a 433 $\text{ng}\cdot\text{g}^{-1}$.



Obr. 8: Naměřené koncentrace izotopu železa ve vzorcích medu

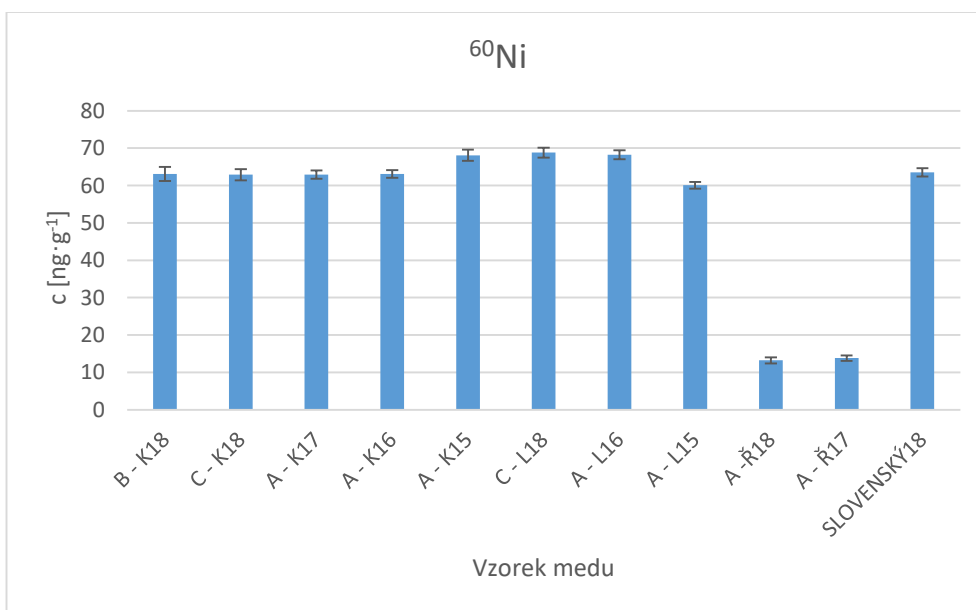
Obsah kobaltu není ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, zkoumán. Opět je, jak z tabulky 4, tak z obrázku 9, zřejmé, že řepkové medy kumulují méně kobaltu než medy ostatní,

u nich je však koncentrace kobaltu poměrně vyrovnaná. Všechny tyto koncentrace jsou nízké a kobalt je ve stopovém množství zdraví prospěšný, proto jsou tyto koncentrace přijatelné.



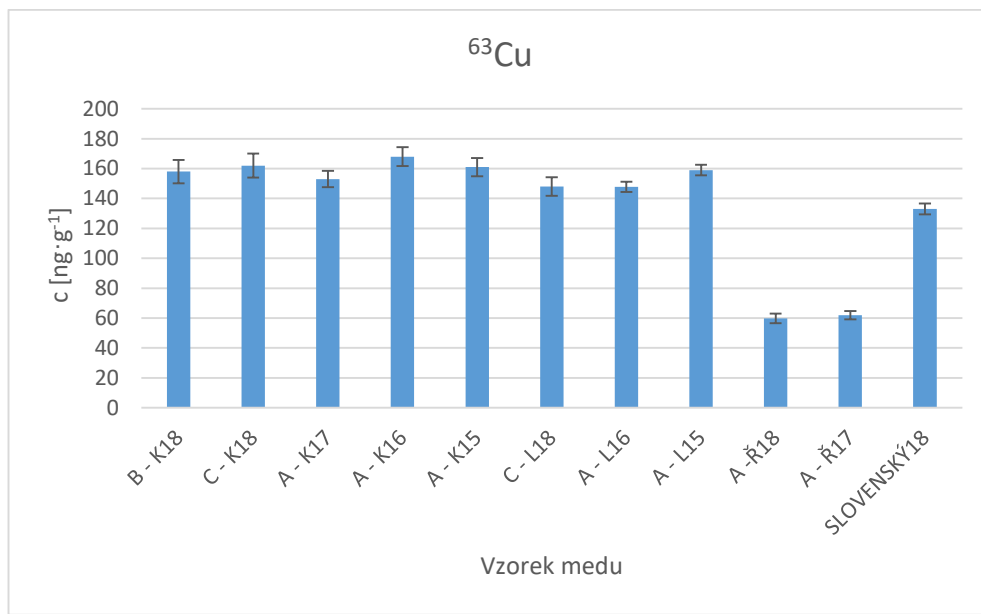
Obr. 9: Naměřené koncentrace izotopu kobaltu ve vzorcích medu

Z výsledků studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, lze usoudit, že nikl je taktéž více akumulován především v medovicových medech. Koncentrace niklu v květových medech ze studie se shodují s mými vzorky. Řepkové medy obsahují asi 20 % niklu oproti ostatním analyzovaným vzorkům.



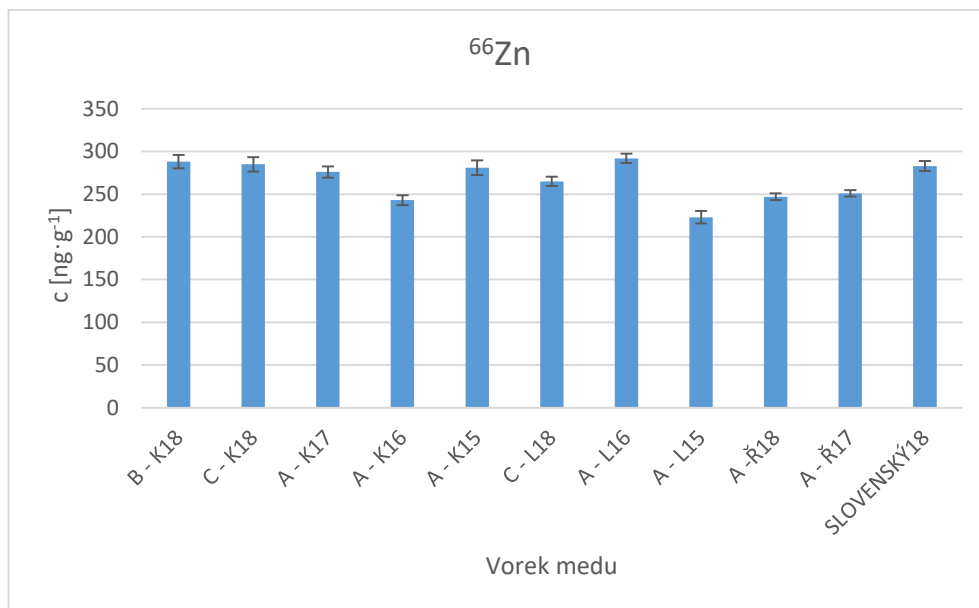
Obr. 10: Naměřené koncentrace izotopu niklu ve vzorcích medu

Obecně lze z výsledků studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, vyčíst, že květové medy mají nízké detekce mědi, medovicové od velmi nízkých koncentrací po $1800 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$. Z mých vzorků je opět na první pohled patrné, že řepkové medy akumulují méně mědi, než ostatní, koncentrace mědi u řepkových medů je okolo $60 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, koncentrace mědi u ostatních druhů, mimo slovenský, přesahují $150 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$.



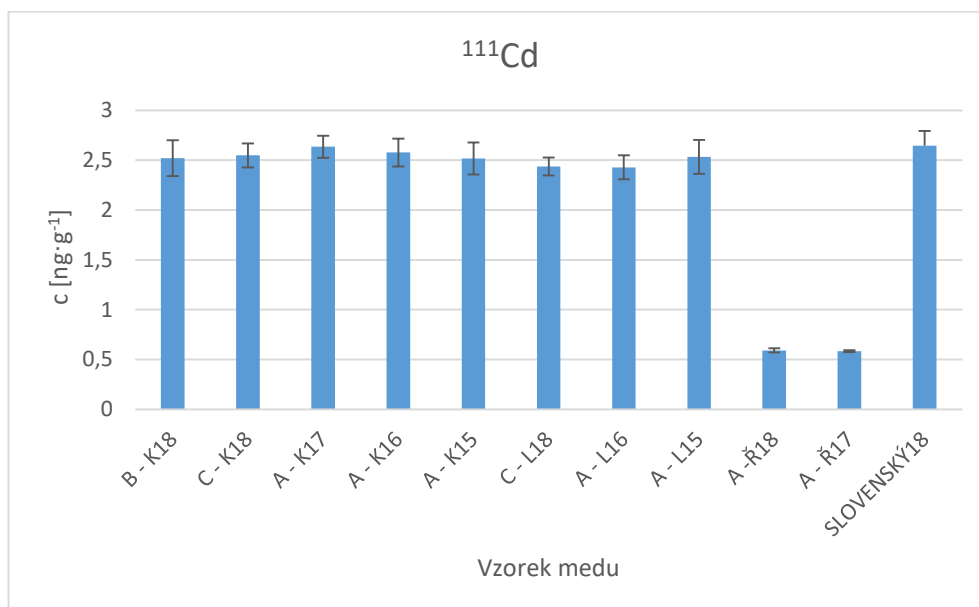
Obr. 11: Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích medu

Zinek je jedním z mála prvků, kde se koncentrace neliší mezi řepkovými medy a ostatními druhy. Dle studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, se koncentrace zinku v květových medech pohybují od žádných detekcí po $1000 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, zřídka jsou koncentrace vyšší. Mé vzorky se s touto studií nevyklučují, koncentrace zinku jsou v rozmezí $223 - 292 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$.



Obr. 12: Naměřené koncentrace izotopu zinku ve vzorcích medu

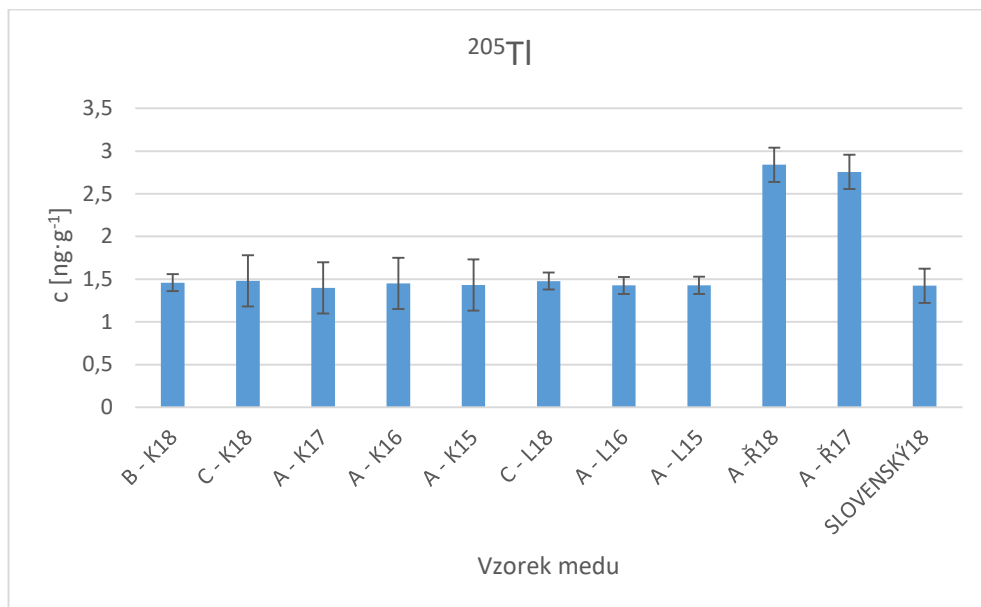
Kadmium, podobně jako kobalt, nebylo ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, analyzováno. Navržený limit pro kadmium od WHO a FAO je $7 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, což všechny analyzované vzorky splňují, maximální stanovená koncentrace je $2,645 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$, nejnižší koncentrace kadmia jsou opět u řepkových medů, $0,583$ a $0,591 \text{ ng}\cdot\text{g}^{-1}$.



Obr. 13: Naměřené koncentrace izotopu kadmia ve vzorcích medu

Thallium také nebylo ve studii Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, stanovováno. Stanovené koncentrace u mých vzorků nejsou nijak vysoké, je však opět patrná odlišnost mezi řepkovými a ostatními medy, tentokrát je však koncentrace thallia u řepkových medů o téměř polovinu vyšší. Tento vyšší výskyt může být způsoben tím, že včely získávají nektar pro

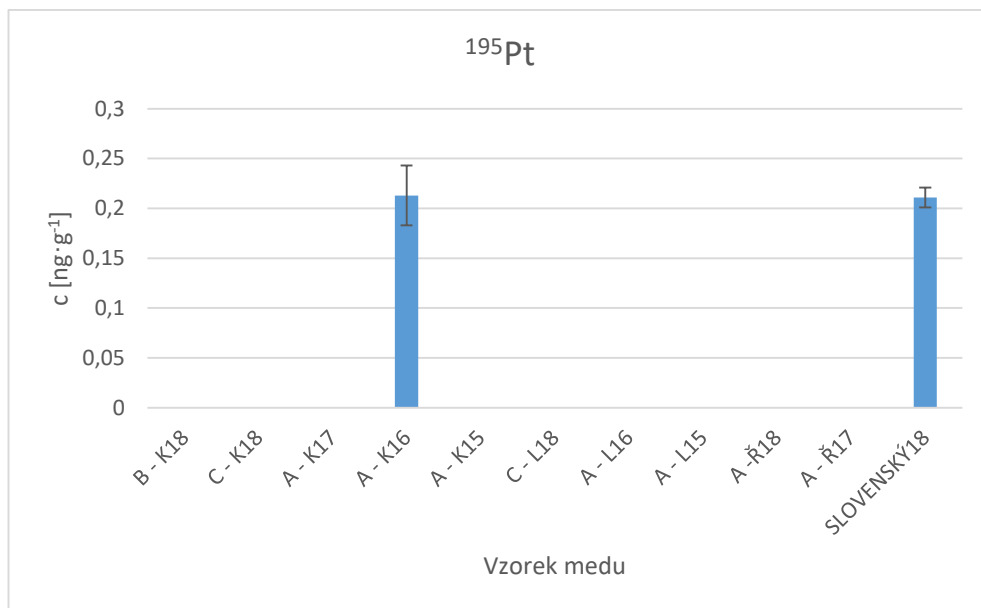
řepkový med z řepky, která je ošetřena pesticidy obsahujícími thallium. Ostatní analyzované medy jsou květové z květů zahradních a okrasných rostlin a květů stromů, lipové medy pak z květů lípy, tedy nejsou ošetřovány postřiky.



Obr. 14: Naměřené koncentrace izotopu thallia ve vzorcích medu

Olovo, těžký a toxický kov, nebylo detekováno, tedy analyzované vzorky splňují limity WHO a FAO, které jsou pro olovo 25 ng·g⁻¹.

Platina byla detekována pouze ve dvou vzorcích, tyto koncentrace jsou si podobné, jedná se o 0,211 ng·g⁻¹ u medu slovenského a 0,213 ng·g⁻¹ u medu květového z roku 2016. Stanovené koncentrace platiny tedy nejsou nijak velké. U slovenského vzorku bude koncentrace platiny pravděpodobně způsobena kontaminací z autokatalyzátorů, i když to vzhledem k neznámému původu vzorku nemůžu s jistotou tvrdit. U květového medu z areálu psychiatrické léčebny z roku 2016 může být kontaminace platinou oproti ostatním rokům způsobena vysokým pohybem těžké techniky při rekonstrukci jednoho z pavilonů PNKM. Studie Madejczyk a Baralkiewicz, 2008, platinu nezmiňuje.



Obr. 15: Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích medu

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo stanovení dvanácti stopových iontů v jedenácti vzorcích medu pomocí instrumentální analytické metody hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem. Do analýzy byly zahrnuty těžké kovy a hliník. Hliník z toho důvodu, že je lehkým kovem často používaným v ochranných postřicích.

Sledováno bylo pět vzorků medu z roku 2018, pocházející ze čtyř různých míst, dále pak po dvou vzorcích pro každý rok z let 2015 - 2017 ze stejného místa.

U vzorků byla nejprve provedena optimalizace minerálním rozkladem v mikrovlnném laboratorním systému MLS 1200 mega, poté probíhalo měření těchto vzorků na hmotnostním spektrometru s ICP – Thermo Scientific iCAP Q ICP-MS.

Ze získaných výsledků můžeme vyhodnotit, že řepkové medy kumulují až mnohonásobně méně analyzovaných těžkých kovů, mimo thalium, než ostatní analyzované druhy medu. Thalium je více kumulováno pravděpodobně díky ošetření řepky pesticidy, které probíhá převážně postřiky. Naopak nižší koncentrace těžkých kovů v řepkových medech můžou být způsobeny tím, že rostlinka řepky kvete pouze 1 – 2 dny, tedy těžké kovy se nestihnou akumulovat v nektaru a květech. Nektar pro ostatní medy je získáván po delší dobu a z déle kvetoucích rostlin, které však nejsou ošetřovány postřiky. Řepkový med tedy není nijak nebezpečný, některé postřiky však mohou být nebezpečné pro včelstvo samotné.

Platina byla detekována pouze u dvou vzorků, obě koncentrace byly nízké a pravděpodobně způsobené katalyzátory z dopravních prostředků.

Analýzou slovenského vzorku bylo zjištěno, že koncentrace analyzovaných kovů jsou podobné koncentracím z květových a lipových vzorků. Pokud by byl tento med nějak naředěn, musely by být všechny původní koncentrace kovů vyšší, což se jeví jako nepravděpodobné. Barva medu byla světle žlutá, krystalizoval velmi málo, zachovával si tekutost, což by odpovídalo medu akátovému.

Na obsah kovů ve zkoumaných vzorcích nemá vliv počasí, meziročně nebyl takový rozdíl ve srážkách či teplotách, aby se tento vliv dal spolehlivě posoudit. Nepotvrdila se hypotéza, že na obsah kovových iontů v medu má vliv, zda med vznikl ve městě Kroměříž či na vesnici, nicméně polohy úlů v Kroměříži nejsou u vysoce frekventovaných silnic či dálnice ani v místě průmyslu, avšak výskyt těchto faktorů je zde určitě vyšší, než na vesnici. Na obsah

kovů v medu nemá, v tomto případě, vliv ani geologické podloží, v Kroměříži jde o podloží hnědozem a černozem a na Chvalčově jde o luvizemě.

Ze získaných výsledků hodnotím, že všechny analyzované medy nejsou toxické, splňují limity od WHO a FAO a jsou tedy naprosto bezpečnými produkty.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] STOKLASA, Jindřich, 1975. *Včelí produkty ve výživě, lékařství, farmacii a kosmetice*. Praha: SZN. Živočišná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
- [2] HALOUZKA, Rostislav, 2014. *Vybrané metody chemické analýzy medu*. Olomouc: Diplomová práce. Univerzita palackého v Olomouci. Fakulta přírodovědecká. Katedra biochemie.
- [3] PAZDERA, Libor, 2014. *Mikrobiologické aspekty medu*. Brno: Bakalářská práce. Masarykova univerzita. Lékařská fakulta.
- [4] Vyhláška č. 76/2013 Sb., kterou se stanoví požadavky pro přírodní sladidla, med, cukrovinky, kakaový prášek a směsi kakaa s cukrem, čokoládu a čokoládové bonbony.
- [5] VESELÝ, Vladimír, 2003. *Včelařství*. Praha: Brázda. ISBN isbn80-209-0320-8.
- [6] *Svazová norma ČESKÝ MED: Norma jakosti č. ČSV 1/1999* [online], 1999. Praha: Český svaz včelařů. Dostupné z: <http://www.vcelarstvi.cz/dokumenty-cms/smerni-cemed.pdf> (29.1.2019)
- [7] KAFKA, Zdeněk a Jana PUNČOCHÁŘOVÁ, 1996. Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. *Chemické listy*. 1996, č. 1, s. 611 – 617
- [8] BENCKO, Vladimír, Jaroslav LENER a Miroslav CIKRT, 1995. *Toxické kovy v životním a pracovním prostředí člověka*. 2. přepracované a doplněné vyd., v Grada Publishing 1. vyd. Praha: Grada. ISBN isbn80-7169-150-x.
- [9] DRDÁK, Milan, 1996. *Základy potravinářských technologií spracovania rastlinných a živočišných surovín, cereálne a fermentačné technológie uchovávanie, hygiena a ekológia potravín*. Bratislava: Malé Centrum. ISBN isbn80-967064-1-1.
- [10] VÁŇA, Jaroslav, 1984. *Analyzátory plynů a kapalin*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: SNTL. Automatizace a regulace.
- [11] KRAKOVSKÁ, Erika a Heinz-Martin KUSS, 2001. *Rozklady v analytickej chémii: súčasný stav a trendy*. Košice: Vienala. ISBN 80-88922-48-8.
- [12] PĚKNICOVÁ, Markéta a Dagmar KRUCINOVÁ, 1999. *Analýza organických látek: sborník přednášek z kurzu*. Český Těšín: 2 THETA. ISBN 80-902432-9-0.
- [13] MADER, Pavel a Eva ČURDOVÁ, 1997. Metody rozkladu biologických materiálů pro stanovení stopových prvků. *Chemické listy*. 1997, č.91, s. 227-236

- [14] KLOUDA, Pavel, 2016. *Moderní analytické metody*. Třetí, upravené vydání. Ostrava: Pavel Klouda - nakladatelství Pavko. ISBN 978-80-86369-22-8.
- [15] JOSKA, Luděk a Kateřina PŘIKRYLOVÁ, 1990. *Speciální chemické a instrumentální analytické metody*. Praha: VŠCHT Praha. ISBN 80-7080-060-7.
- [16] HACHENBERG, Horst a Adolf P. SCHMIDT, 1977. *Gas chromatographic headspace analysis*. New York: Heyden. ISBN 0855012056.
- [17] SIVASANKAR, B., 2012. *Instrumental methods of analysis*. New Delhi: Oxford University Press. ISBN 0-19-807391-7.
- [18] BOBROWSKA-GRZESIK, Ewa, 2013. *Chemical elements: compendium*. Český Těšín: 2 Theta. ISBN 978-80-86380-66-7.
- [19] MILATA, Viktor a Peter SEGLA, 2004. *Spektrálne metódy v chémii*. Bratislava: Vydavateľstvo STU. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 80-227-2049-6.
- [20] MESTEK, Oto, 2010. *Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem: pracovní text pro Podzemní výukové středisko JOSEF*. Praha: VŠCHT Praha.
- [21] SILVA, Priscila Missio de et al., 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food chemistry*. Science Direct, 196, 309-323. ISSN 0308-8146.
- [22] SKORBIŁOWICZ, Mirosław, Elżbieta SKORBIŁOWICZ a Izabela CIEŚLUK, 2018. Bees as Bioindicators of Environmental Pollution with Metals in an Urban Area. *Journal of Ecological Engineering*. **19**(3), 229-234. DOI: 10.12911/22998993/85738. ISSN 2299-8993.
- [23] SAGER, Manfred, 2017. The Honey as a Bioindicator of the Environment. *Ecological Chemistry and Engineering S*. **24**(4), 583-594. DOI: 10.1515/eces-2017-0038. ISSN 1898-6196.
- [24] MADEJCZYK, Maria a Danuta BARALKIEWICZ, 2008. Characterization of Polish rape and honeydew honey according to their mineral contents using ICP-MS and F-AAS/AES. *Analytica Chimica Acta*. **617**(1-2), 11-17. DOI: 10.1016/j.aca.2008.01.038. ISSN 00032670.
- [25] MICHALJEVIČ, Martin, Ladislav STRNAD a Ondřej ŠEBEK, 2004. Využití hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem v geochemii. *Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, č. 98, 123 – 130.

- [26] FAY, Laurent B. a Martin KUSSMANN, 2010. *Mass spectrometry and nutrition research*. Cambridge: Royal Society of Chemistry. RSC food analysis monographs, 9. ISBN 1849730369.
- [27] SIKOROVÁ, Lucie, Roman LIČIBINSKÝ a Vladimír ADAMEC, 2011. Platinové kovy z automobilových katalyzátorů v životním prostředí. *Chemické listy*. Praha: Česká společnost chemická, č. 105, 361 – 366.
- [28] MERGET, Rolf a Gerhard ROSNER, 2001. Evaluation of the health risk of platinum group metals emitted from automotive catalytic converters. *Science of The Total Environment*. **270**(1-3), 165-173. DOI: 10.1016/S0048-9697(00)00788-9. ISSN 00489697.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AAS	Atomová absorpční spektrometrie.
AES	Atomová emisní spektrometrie.
FAO	Food and Agricultural Organisation.
GC	Plynová chromatografie.
ICP-MS	Hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem.
IR	Infračervená spektroskopie.
ND	Nebylo detekováno.
PE	polyethylen.
PNKM	Psychiatrická nemocnice v Kroměříži.
ppb	Parts per bilion.
WHO	World Health Organisation.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1: Schéma hmotnostního spektrometru s indukčně vázaným plazmatem^[20].....</i>	<i>24</i>
<i>Obr. 2: Odběr z obce Chvalčov</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 3: Odběr z ul. Lutopecká v Kroměříži</i>	<i>28</i>
<i>Obr. 4: Odběr z Psychiatrické nemocnice v Kroměříži</i>	<i>29</i>
<i>Obr. 5: Obsah mineralizačních kelímků</i>	<i>30</i>
<i>Obr. 6: Naměřené koncentrace izotopu chromu ve vzorcích medu</i>	<i>35</i>
<i>Obr. 7: Naměřené koncentrace izotopu manganu ve vzorcích medu</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 8: Naměřené koncentrace izotopu železa ve vzorcích medu</i>	<i>36</i>
<i>Obr. 9: Naměřené koncentrace izotopu kobaltu ve vzorcích medu</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 10: Naměřené koncentrace izotopu niklu ve vzorcích medu</i>	<i>37</i>
<i>Obr. 11: Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích medu</i>	<i>38</i>
<i>Obr. 12: Naměřené koncentrace izotopu zinku ve vzorcích medu.....</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 13: Naměřené koncentrace izotopu kadmia ve vzorcích medu</i>	<i>39</i>
<i>Obr. 14: Naměřené koncentrace izotopu thallia ve vzorcích medu.....</i>	<i>40</i>
<i>Obr. 15: Naměřené koncentrace izotopu mědi ve vzorcích medu</i>	<i>41</i>

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. č. 1: Rozkladný program</i>	<i>30</i>
<i>Tab. č. 2: Přehled měřených kovových prvků</i>	<i>31</i>
<i>Tab. č. 3 Parametry Thermo Scientific iCAP Q ICP – MS.....</i>	<i>32</i>
<i>Tab. č. 4: Označení vzorků</i>	<i>33</i>
<i>Tab. č. 5: Naměřené koncentrace kovových izotopů ve vzorcích medu.....</i>	<i>34</i>
<i>Tab. č. 6: Naměřené koncentrace kovových izotopů ve vzorcích medu.....</i>	<i>34</i>